

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 162 355 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
12.12.2001 Patentblatt 2001/50

(51) Int Cl.7: F02C 7/18

(21) Anmeldenummer: 01112642.2

(22) Anmeldetag: 25.05.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:  
• Reiter, Wilhelm  
79790 Küssaberg (DE)  
• Wettstein, Hans, Dr.  
5442 Fislisbach (CH)

(30) Priorität: 05.06.2000 DE 10027833

(74) Vertreter: Liebe, Rainer et al  
Alstom Power (Schweiz) AG,  
Intellectual Property CHSP  
Haselstrasse 16/699, 5. Stock  
5401 Baden (CH)

(71) Anmelder: ALSTOM Power N.V.  
1101 CS Amsterdam (NL)

(54) Verfahren zum Kühlen einer Gasturbinenanlage

(57) Eine Gasturbinenanlage (10) umfasst einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird. Bei einem Verfahren zum Kühlen dieser Gasturbi-

nenanlage (10) wird verdichtete Luft aus dem Verdichter (11) entnommen, als Kühlluft zur Kühlung in einem innenliegenden Kühlkanal durch thermisch belastete Bauteile der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) geleitet, dann rückgekühlt und anschliessend verdichtet und der Verdichterendluft (15) zugefügt. Der Einfluss der Kühlung auf den Wirkungsgrad der Anlage wird dadurch minimiert, dass zur Rückkühlung der Kühlluft wenigstens ein Teil der Verdichterendluft (15) verwendet wird.

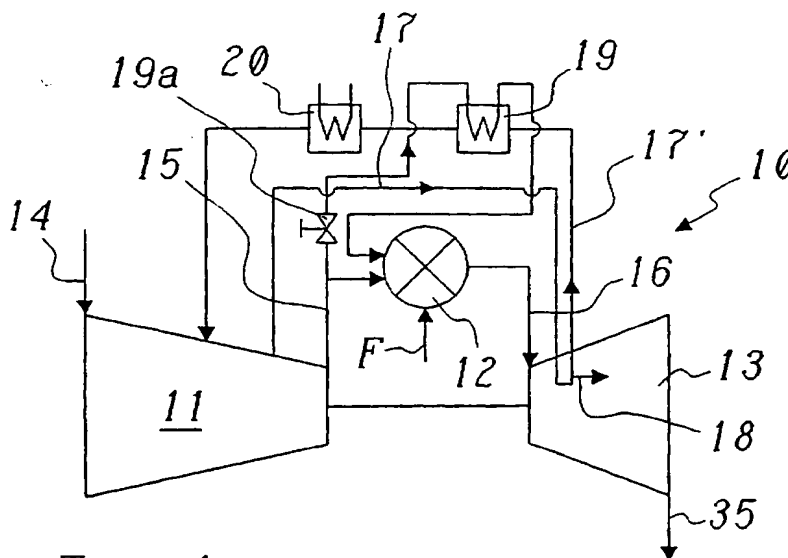


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

EP 1 162 355 A2

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Gasturbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Kühlen einer Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Gasturbinenanlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 13 zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Ein solches Verfahren und eine solche Gasturbinenanlage sind z. B. aus der Druckschrift US-A-5,611,197 bekannt.

### STAND DER TECHNIK

[0003] Bestehende Gasturbinen (Gasturbinenanlagen) verwenden zur Kühlung der heissen Teile, besonders der Brennkammer und der vom Heissgas durchströmten Turbine entweder Kühlfluide, die dem Verdichter (Kompressor) bei passendem Druck entnommen, manchmal auch noch nachgekühlt werden, und nach erfolgter Kühlung der heissen Teile der Turbinenströmung beigegeben werden, oder geschlossene Kühlkreisläufe, die von einer fremden Kühlfluidquelle, meistens mit Wasserdampf, versorgt werden. Bei letzteren - die häufig in Kombikraftwerken zu finden sind - kann die Kühlwärme im nachgeschalteten Prozess oft noch genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit, die beispielsweise in der EP-A2-0 899 425 der Anmelderin beschrieben ist, kombiniert speziell bei der Schaufelkühlung ein geschlossenes Dampfkühlsystem im Hauptteil der Schaufel mit einem offenen Kühlsystem im Bereich der Schaufeleintrittskante.

[0004] Die erste Kategorie hat den Nachteil, dass das Kühlfluid, welches die Erwärmung in der Brennkammer inhärent umgeht, in der Kühlstrecke meistens einen höheren Druckabfall erleidet, als er für die Kühlaufgabe nötig ist. Zusätzlich werden Mischverluste beim Eintritt des Kühlfluids in die Hauptströmung erzeugt. Beides sind erhebliche Prozessverluste, die den Wirkungsgrad des Gesamtprozesses massgeblich beeinträchtigen.

[0005] Die zweite Kategorie der von aussen versorgten geschlossenen Kühlsysteme und insbesondere auch die dritte Kategorie der kombinierten Kühlsysteme hat zwar diese Nachteile nicht oder nur bedingt, der Betrieb wird dafür aber von einer äusseren Kühlmittelversorgung abhängig, was eine erhöhte Komplexität, sowie erhöhte Kosten und Sicherheitsrisiken mit sich bringt.

[0006] In der eingangs genannten US-A-5,611,197 ist nun eine Gasturbine mit einem geschlossenen Kühlsystem für die Leit- und Laufschaufeln sowie das Heissgasgehäuse der Turbine vorgeschlagen worden, bei welchem dem Verdichter auf einer mittleren Druckstufe oder am Ausgang Luft bei einem bestimmten Druck entnommen, als Kühlluft durch die zu kühlenden Bauteile geführt und anschliessend auf einer geeigneten niedrigeren Druckstufe wieder in den Verdichter eingespiessen

wird. Die zurückgeführte Kühlluft kann dabei vor der Einspeisung in den Verdichter zusätzlich auch noch in einem Kühler abgekühlt werden.

[0007] Diese bekannte Art des geschlossenen Kühlkreislaufes hat hinsichtlich Einfachheit von Aufbau und Betrieb und Beeinflussung des Gesamtwirkungsgrades gegenüber den weiter oben beschriebenen Kühlungsarten erhebliche Vorteile. Nachteilig ist jedoch, dass im Falle der Rückkühlung der Kühlluft externe Kühlmittel (52 in der Figur der US-A-5,611,197) eingesetzt werden, um die zurückgeführte Kühlluft in einem Wärmetauscher (50) zu herunterzukühlen. Die der Kühlluft im Wärmetauscher entzogene Wärme wird so wirkungsgradmindernd dem Prozess der Gasturbinenanlage entzogen und kann allenfalls mit zusätzlichem Aufwand nutzbar gemacht werden.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Kühlverfahren für eine Gasturbinenanlage sowie eine Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, welche die Nachteile bekannter Verfahren bzw. Gasturbinenanlagen vermeidet und sich insbesondere durch eine einfache und weitgehend wirkungsgradneutrale Rückkühlung auszeichnet.

[0009] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 13 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, zumindest einen wesentlichen Teil der Rückkühlung mittels mindestens eines Teiles der Verdichterendluft als Kühlmedium vorzunehmen. Die der Kühlluft entzogene Wärme gelangt so auf einfache Weise zurück in den Prozess der Gasturbinenanlage. Die Rückkühlung der Kühlluft mittels der Verdichterendluft wird dabei vorzugsweise in einem Wärmetauscher, insbesondere einem Gegenstrom-Wärmetauscher, durchgeführt.

[0010] Gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird die Kühlluft in einem vollständig geschlossenen Kühlkreislauf durch die zu kühlenden Bauteile geführt. Hierdurch ist gewährleistet, dass keine verdichtete Luft wirkungsgradmindernd an der Brennkammer vorbei in die Hauptströmung gelangt.

[0011] Eine zweite bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Kühlluft zur Filmkühlung durch an den Bauteilen angeordnete Filmkühlbohrungen nach Art einer gezielten Leckage in die Turbinenströmung eingespiessen wird. Hierdurch ist es möglich, mit geringen Verlusten an verdichteter Luft eine sehr wirksame zusätzliche Filmkühlung der Aussenflächen der zu kühlenden Bauteile zu erreichen.

[0012] Die mittels der Kühlluft gekühlten, thermisch belasteten Bauteile umfassen vorzugsweise die Wände der Uebergangsbereiche Brennkammer-Gasturbine und/oder Gehäuseteile der Turbine und/oder Rotorteile der Turbine und/oder Schaufeln der Turbine. Werden die Schaufeln der Turbine mittels der Kühlluft gekühlt,

ist es besonders wirkungsvoll, wenn Filmkühlbohrungen an den Schaufeleintrittskanten und/oder den Schaufelaustrittskanten angeordnet sind.

**[0013]** Tritt beim Kühlvorgang ein Druckverlust in der Kühlluft auf, muss die Kühlluft nach dem Kühlvorgang rekomprimiert werden. Zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang wird dabei bevorzugt der Verdichter der Gasturbinenanlage selbst verwendet, oder es wird ein externer Verdichter eingesetzt.

**[0014]** Reicht die Rückkühlung im Wärmetauscher mittels der Verdichterendluft nicht aus, wird nach der Rückkühlung mittels der Verdichterendluft eine weitere Nachkühlung der Kühlluft vorgenommen, für die vorzugsweise ein von einem separaten Kühlmedium durchströmter Kühler verwendet wird. Es ist aber auch denkbar und sinnvoll, zur Nachkühlung der Kühlluft Wasser direkt in die Kühlluft einzuspritzen.

**[0015]** Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Gasturbinenanlage zeichnet sich dadurch aus, dass die zweiten Kühlleitungen in den Verdichter auf einer mittleren Druckstufe münden. Es ist aber auch denkbar, dass statt dessen in den zweiten Kühlleitungen ein externer Verdichter angeordnet ist, und dass die zweiten Kühlleitungen in den Ausgang des Verdichters der Gasturbinenanlage münden.

**[0016]** Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

#### KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

**[0017]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 ein stark vereinfachtes Anlagenschema einer Gasturbinenanlage gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Kühlkreislauf für die Schaufeln der Turbine, der einen Wärmetauscher zur Rückkühlung durch die Verdichterendluft und einem zusätzlichen Kühler zur Nachkühlung umfasst;

Fig. 2 den Querschnitt durch eine beispielhafte Schaufel mit Filmkühlung an der Schaufeleintrittskante und Schaufelaustrittskante, wie sie an einen Kühlkreislauf gemäss Fig. 1 angeschlossen sein kann;

Fig. 3 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit Rekompensation der Kühlluft durch einen externen Verdichter;

Fig. 4 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit sukzessiver Kühlung mehrerer Schaufelreihen in der Turbine;

Fig. 5 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei welchem die Nachkühlung der Kühlluft mittels Einspritzen von Wasser erfolgt; und

Fig. 6 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines fünften Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem die Wände der Brennkammer (Brennkammerliner) und/oder das Heissgasgehäuse der Turbine gekühlt werden.

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0018]** In Fig. 1 ist ein stark vereinfachtes Anlagenschema einer Gasturbinenanlage gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Kühlkreislauf wiedergegeben. Die Gasturbinenanlage 10 umfasst einen (üblicherweise mehrstufigen) Verdichter 11, eine Brennkammer 12 und eine (üblicherweise mehrstufige) Turbine 13. Verdichter 11 und Turbine 13 weisen entsprechende Schaufelreihen auf, die auf einem gemeinsamen Rotor angeordnet sind. Der Verdichter 11 saugt eingangsseitig Ansaugluft 14 an, verdichtet sie und gibt sie ausgangsseitig in Form von Verdichterendluft 15 an die Brennkammer 12 ab, wo sie als Verbrennungsluft zur Verbrennung eines (flüssigen oder gasförmigen) Brennstoffes F verwendet wird. Das bei der Verbrennung entstehende Heissgas 16 wird in der nachfolgenden Turbine 13 unter Arbeitsleistung entspannt und schliesslich als Abgas 35 an einen Kamin oder - in einem Kombikraftwerk - an einen nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger weitergeleitet.

**[0019]** In der Turbine 13 befinden sich - umgeben von einem Heissgasgehäuse - verschiedene Reihen von Leit- und Laufschaufeln, die dem aus der Brennkammer 12 kommenden Heissgas 16 ausgesetzt sind, wobei die thermische Belastung der Schaufeln und Gehäuseteile um so grösser ist, je näher sie am Eingang der Turbine 13 platziert sind. Diese thermisch stark belasteten Bauteile müssen gekühlt werden, um bei den für einen guten Wirkungsgrad erforderlichen hohen Heissgastemperaturen eine ausreichende Standzeit zu erreichen.

**[0020]** Erfindungsgemäss werden die thermisch belasteten Bauteile nun mit Kühlluft gekühlt, die aus dem Verdichter 11 bei einem vorgegebenen Druckniveau entnommen, über eine erste Kühlleitung 17 zum zu kühlenden Bauteil geführt, dort zur Kühlung eingesetzt und anschliessend zum überwiegenden Teil über eine zweite Kühlleitung 17' zum Verdichter 11 zurückgeführt und dort auf einem niedrigeren Druckniveau wieder eingespiessen wird. Durch diese Art der Wiedereinspeisung kann der Verdichter 11 den beim Kühlvorgang entstandenen Druckverlust ausgleichen. Die Kühlluft nimmt damit vollständig oder zumindest zu einem überwiegenden Teil als Verbrennungsluft am Verbrennungsprozess teil und führt daher nur zu geringen Verlusten im Wirkungsgrad. Die Kühlung der thermisch belasteten Bauteile ist ausschliesslich oder überwiegend eine Innen-

kühlung, bei der die Kühlluft durch im Inneren der Bauteile vorgesehene Kühlkanäle strömt. Es ergibt sich so ein vollständig oder weitgehend geschlossener Kühlkreislauf.

[0021] Der Kühlkreislauf ist nicht vollständig geschlossen, wenn eine zusätzliche Aussenkühlung in Form einer Filmkühlung vorgesehen ist oder wenn beabsichtigte oder nicht beabsichtigte Leckagen auftreten. Am zu kühlenden Bauteil sind dazu beispielsweise Ausströmöffnungen (Filmkühlbohrungen) angeordnet, durch die ein Teil der zirkulierenden Kühlluft als Leckageluft 18 nach aussen strömt und auf der heissgasbelasteten Aussenfläche des Bauteils einen kühlenden Film bildet. Der Anteil an Leckageluft 18 ist dabei so gewählt, dass einerseits der Gesamtwirkungsgrad der Anlage nur geringfügig verringert wird, sich andererseits aber eine wirksame Filmkühlung einstellt. Die Leckageluft 18, die in die Turbinenströmung einfließt und damit nicht mehr durch die Brennkammer 12 geführt werden kann, ist in Fig. 1 durch kleine, vom Kühlkreislauf abgehende Pfeile 18 symbolisiert.

[0022] Gemäss der Erfindung wird nun die beim Kühlvorgang von der Kühlluft aufgenommene Wärme vor Wiedereinspeisung in den Verdichter 11 dadurch aus der Kühlluft entfernt und in den Prozess zurückgeführt, dass zur Rückkühlung in der zweiten Kühlleitung 17' ein von mindestens einem Teil der Verdichterendluft 15 durchströmter Wärmetauscher 19, vorzugsweise ein Gegenstrom-Wärmetauscher, angeordnet wird. Der Anteil der Verdichterendluft 15, der im Wärmetauscher 19 Wärme aufnehmen soll, kann mittels eines Regelventils 19a eingestellt werden. Wird eine weitere Nachkühlung benötigt, ist dem Wärmetauscher 19 ein zusätzlicher Kühler 20 nachgeschaltet, der mit einem separaten Kühlmedium, z.B. Wasser oder Dampf, arbeitet.

[0023] Die Nachkühlung mittels des Kühlers 20 kann gleichzeitig dazu eingesetzt werden, die Temperatur der im Verdichter 11 verdichteten Luft nach Art eines Zwischenkühlers abzusinken. Wird die Kühlluft in dem Kühler 20 wesentlich stärker rückgeköhlt, als es der Wärmeaufnahme beim Kühlvorgang entspricht, kann die Verdichterendtemperatur, d.h., die Temperatur der Verdichterendluft 15 abgesenkt werden, was eine Steigerung des Druckverhältnisses und damit eine Erhöhung des Wirkungsgrades ermöglicht.

[0024] Handelt es sich bei dem zu kühlenden Bauteil um eine Schaufel bzw. eine Schaufelreihe der Turbine 13, wird - wenn der Kühlkreislauf nicht vollständig geschlossen ist - die Leckageluft 18 vorzugsweise dazu verwendet, die Schaufeleintrittskanten und/oder Schaufelaustrittskanten der Schaufel(n) durch Filmkühlung zu kühlen. Eine dazu geeignete beispielhafte Schaufel 23 ist im Querschnitt in Fig. 2 dargestellt. Die Schaufel 23 hat eine druckseitige Schaufelwand 24 und eine saugseitige Schaufelwand 25, die sich jeweils an der Schaufeleintrittskante 21 und an der Schaufelaustrittskante 22 vereinigen. Im Inneren der Schaufel 23 sind - durch Stützwände voneinander getrennt - verschiedene Kühl-

kanäle 26, ..., 30 angeordnet, die in Achsenrichtung der Schaufel 23 (d.h. senkrecht zur Zeichenebene) verlaufen und von der Kühlluft in wechselnder Richtung durchströmt werden (siehe z.B. die EP-A2-0 899 425). Von den im Bereich der Kanten 21, 22 angeordneten Kühlkanälen 28 und 30 gehen Filmkühlbohrungen 33 bzw. 34 nach aussen, durch welche die Leckageluft 18 ausströmen und auf der Aussenseite einen Kühlfilm bilden kann (siehe z.B. auch die US-A-5,498,133). Die Kühlkanäle 28, 30 werden dabei aus den angrenzenden Kühlkanälen 27, 29 durch Verbindungskanäle 31, 32 mit Kühlluft versorgt.

[0025] Ausgehend von dem in Fig. 1 dargestellten Grundschemata der erfindungsgemässen Kühlung können im Rahmen der Erfindung verschiedene Varianten realisiert werden, die auf unterschiedliche Anwendungsfälle abgestimmt sind und ihre speziellen Vorteile aufweisen. Bei dem in Fig. 3 wiedergegebenen Ausführungsbeispiel einer Gasturbinenanlage 36 ist eine dieser Varianten verwirklicht. Bei dem hier gezeigten Kühlkreislauf, der durch die Kühlleitungen 17 und 17' gebildet wird, wird die Verdichterendluft 15 mit dem Verdichter-Endmassenstrom  $m_v$  in drei Teilströme mit den Massenströmen  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  aufgeteilt, wobei  $m_v = m_1 + m_2 + m_3$  gilt und jeder der Teilmassenströme  $\geq 0$  ist. Der erste Teilmassenstrom  $m_1$  gelangt direkt in die Brennkammer 12. Der zweite Teilmassenstrom  $m_2$  strömt zur Kühlung der Turbine 13 durch die Kühlleitungen 17 und 17' und den Wärmetauscher 19 und wird anschliessend mittels eines externen Verdichters 37 rekomprimiert. Der Wärmetauscher 19 wird im Gegenstrom von dem dritten Teilmassenstrom  $m_3$  und dem rekomprimierten zweiten Teilmassenstrom  $m_2$  durchströmt, die hinter dem Wärmetauscher vereint und zusammen mit dem ersten Teilmassenstrom  $m_1$  der Brennkammer 12 zugeführt werden. Die notwendige Rekompensation nach Durchlaufen des Wärmetauschers 19 wird daher nicht im Verdichter 11 der Gasturbinenanlage 36 vorgenommen, sondern im externen Verdichter 37. Auch hier kann für eine Nachkühlung ein zusätzlicher Kühler vorgesehen werden. Wenn bei dieser Anordnung die Kühlluft mittels des externen Verdichters 37 auf einen gegenüber dem Druck der Verdichterendluft 15 höheren Druck verdichtet wird, ist es möglich und vorteilhaft, die verdichtete Kühlluft für eine Showerheadkühlung in einer ersten Turbinenstufe der Turbine 13 zu verwenden. Es ist aber auch denkbar und sinnvoll, mit einem Teilmassenstrom wie  $m_2$  Teile der Brennkammer zu kühlen, wie dies für eine vergleichbare Lösung im Zusammenhang mit Fig. 6 weiter unten erläutert wird.

[0026] Ein anderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Kühlung ist in Fig. 4 dargestellt. Der Kühlkreislauf der Gasturbinenanlage 38 mit den Kühlleitungen 17 und 17' wird bei diesem Beispiel nicht nur für eine einzelne Schaufelreihe der Turbine 13 verwendet, sondern für mehrere Schaufelreihen 39, 40 und 41, die von der Kühlluft sequentiell durchströmt werden. In

jeder der Schaufelreihen 39, ..., 41 kann zur Filmkühlung der Kanten wiederum Leckageluft 18 in die Hauptströmung der Turbine 13 ausströmen.

[0027] Eine andere Möglichkeit der Nachkühlung ist im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 dargestellt. Bei der Gasturbinenanlage 42 dieser Figur ist in den Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 17, 17' hinter dem Wärmetauscher 19 zur Nachkühlung eine Einspritzvorrichtung 43 eingefügt, in welcher nach Art einer "Quenchkühlung" Wasser in die Kühlluft eingespritzt bzw. eingedüst wird. Die dadurch erreichbare Temperaturabsenkung der Kühlluft wird vorzugsweise so ausgelegt, dass nach der Vermischung der rückgeköhlten Kühlluft mit der durch den Verdichter 11 strömenden Hauptluft die Temperatur des Mischgases verringert wird. Wie bereits oben erwähnt, besteht dadurch die Möglichkeit, den Wirkungsgrad der Anlage zu erhöhen.

[0028] Schliesslich ist es gemäss Fig. 6 möglich, im Rahmen der Erfindung bei einer Gasturbinenanlage 44 anstelle der oder zusätzlich zu den Schaufeln der Turbine 13 auch andere thermisch stark belastete Bauteile der Anlage mit Luft im geschlossenen Kreislauf zu kühlen. So ist in Fig. 6 der Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 45, 45' und dem Wärmetauscher 19 dafür ausgelegt, die Wände der Brennkammer 12 bzw. die Brennkammerliner durch innere Kühlluftzirkulation und ggf. externe Filmkühlung mit Leckageluft 18 zu kühlen. Ein anderer (gestrichelt eingezeichneter) Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 46, 46' sorgt für eine innere und ggf. äussere Kühlung des Heissgasgehäuses der Turbine 13, insbesondere im Eintrittsbereich der heissen Gase.

[0029] Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung eine wirkungsvolle Kühlung der thermisch belasteten Bauteile einer Gasturbinenanlage, die einfach aufgebaut ist und betrieben werden kann, und nur sehr geringe Auswirkungen auf den Gesamtwirkungsgrad der Anlage hat.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

##### [0030]

10	Gasturbinenanlage
11	Verdichter (Kompressor)
12	Brennkammer
13	Turbine
14	Ansaugluft
15	Verdichterendluft
16	Heissgas
17, 17'	Kühlleitung
18	Leckageluft
19	Wärmetauscher
19a	Regelventil
20	Kühler
21	Schaufeleintrittskante
22	Schaufelaustrittskante
23	Schaufel
24	Schaufelwand (druckseitig)

25	Schaufelwand (saugseitig)
26, ..., 30	Kühlkanal (Schaufel)
31, 32	Verbindungskanal (Schaufel)
33, 34	Filmkühlbohrung (Schaufel)
35	Abgas
36, 38, 42, 44	Gasturbinenanlage
37	Verdichter (extern)
39, 40, 41	Schaufelreihe
43	Einspritzvorrichtung
45, 45'; 46, 46'	Kühlleitung
F	Brennstoff

#### Patentansprüche

- Verfahren zum Kühlen einer Gasturbinenanlage (10, 36, 38, 42, 44), umfassend einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird, bei welchem Verfahren verdichtete Luft aus dem Verdichter (11) entnommen, als Kühlluft zur Kühlung in einem innenliegenden Kühlkanal (26, ..., 30) durch thermisch belastete Bauteile (23; 39, ..., 41) der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) geleitet, anschliessend rückgeköhlt, dann verdichtet und schliesslich der Verdichterendluft (15) zugefügt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Rückkühlung der Kühlluft mindestens ein Teil der Verdichterendluft (15) verwendet wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkühlung der Kühlluft mittels der Verdichterendluft (15) in einem Wärmetauscher (19), insbesondere einem Gegenstrom-Wärmetauscher, durchgeführt wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft in einem vollständig geschlossenen Kühlkreislauf durch die zu kühlenden Bauteile (23, 39, ..., 41) geführt wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Teil der Kühlluft zur Filmkühlung durch an den Bauteilen (23; 39, ..., 41) angeordnete Filmkühlbohrungen (33, 34) nach Art einer gezielten Leckage in die Turbinenströmung eingespiessen wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels der Kühlluft gekühlten, thermisch belasteten Bauteile die Wände der Uebergangsbereiche von der Brenn-

kammer (12) zur Turbine (13) und/oder Gehäuse-  
teile der Turbine (13) und/oder Rotorteile der Turbi-  
ne (13) und/oder Schaufeln (23) der Turbine (13)  
umfassen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (23) der Turbine mittels der Kühlluft gekühlt werden, und dass Filmkühlbohrungen (33, 34) an den Schaufeln (23), vorzugsweise an den Schaufeleintrittskanten (21) und/oder den Schaufelaustrittskanten (22), angeordnet sind.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbine (13) eine Mehrzahl von Schaufelreihen (39, 40, 41) umfasst, und dass die Schaufelreihen (39, 40, 41) nacheinander von der Kühlluft durchströmt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang der Verdichter (11) der Gasturbinenanlage (10, 36, 38, 42, 44) selbst verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang ein externer Verdichter (37) verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft mittels des externen Verdichters (37) auf einen gegenüber dem Druck der Verdichterendluft (15) höheren Druck verdichtet wird, und dass die verdichtete Kühlluft für eine Showerheadkühlung in einer ersten Turbinenstufe der Turbine (13) verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Rückkühlung mittels der Verdichterendluft (15) eine weitere Nachkühlung der Kühlluft vorgenommen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Nachkühlung ein von einem separaten Kühlmedium, vorzugsweise von einem Kombiprozess nutzbarer Dampf, durchströmter Kühler (20) verwendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Nachkühlung der Kühlluft Wasser direkt in die Kühlluft eingespritzt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massenstrom (mv) der Verdichterendluft (15) in mehrere Teilmassenströme (m1, m2, m3) aufgeteilt wird, dass ein Teilmassenstrom (m1) direkt in die Brennkammer (12) geleitet wird, dass ein anderer Teilmassenstrom (m2) als Kühlluft

verwendet wird, und dass ein weiterer Teilmassenstrom (m3) zur Rückkühlung der Kühlluft verwendet wird.

- 5 15. Gasturbinenanlage (10, 36, 42, 44) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird, wobei zur Kühlung von thermisch belasteten Bauteilen (23; 39, ..., 41) der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) erste Kühlleitungen (17, 45, 46) von dem Verdichter (11) und/oder dem Ausgang des Verdichters (11) zu den Bauteilen (23; 39, ..., 41) und zweite Kühlleitungen (17', 45', 46') von den Bauteilen (23; 39, ..., 41) zum Verdichter (11) und/oder dem Ausgang des Verdichters (11) zurück vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') ein von mindestens einem Teil der Verdichterendluft (15) durchströmter Wärmetauscher (19) eingefügt ist.
- 10 16. Gasturbinenanlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') in den Verdichter (11) auf einer mittleren Druckstufe münden.
- 15 17. Gasturbinenanlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') ein externer Verdichter (37) angeordnet ist, und dass die zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') in den Ausgang des Verdichters (11) der Gasturbinenanlage (36) münden.
- 20 18. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') hinter dem Wärmetauscher (19) ein mit einem separaten Kühlmedium betriebener Kühler (20) angeordnet ist.
- 25 19. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (17', 45', 46') hinter dem Wärmetauscher (19) eine Einspritzvorrichtung (47) zum Einspritzen von Wasser in die Kühlluft angeordnet ist.
- 30 20. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu kühlenden Bauteile (23; 39, ..., 41) Filmkühlbohrungen (33, 34) und/oder Dichtspalte aufweisen, welche mit den ersten und zweiten Kühlleitungen (17, 45,
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

46 bzw. 17', 45', 46') in Verbindung stehen.

21. Gasturbinenanlage nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gekühlten Bauteile Schaufeln (23) der Turbine (13) umfassen, dass Filmkühlbohrungen (33, 34) vorgesehen sind, und dass die Filmkühlbohrungen (33, 34) an den Schaufeleintrittskanten (21) und/oder den Schaufelaustrittskanten (22) angeordnet sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

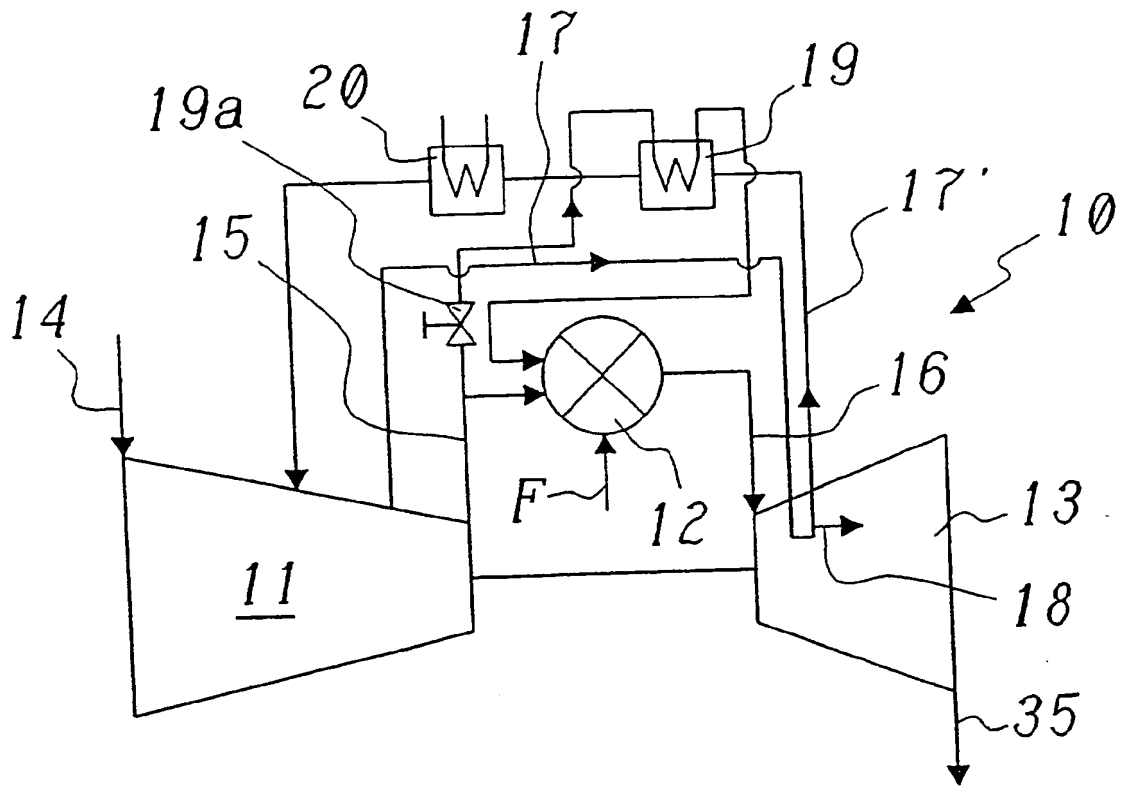


Fig. 1

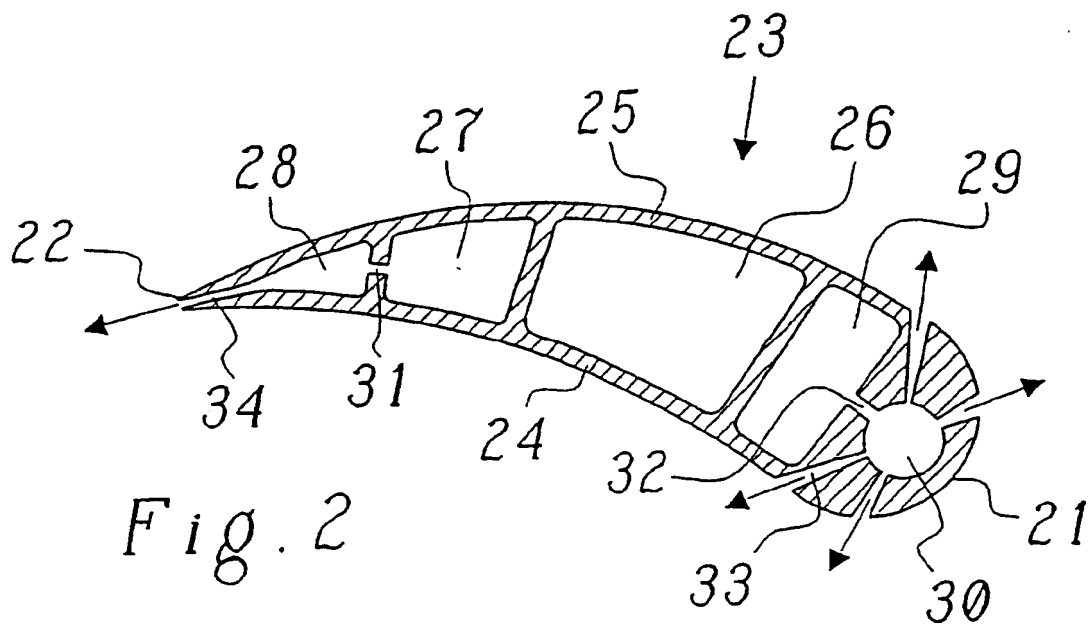
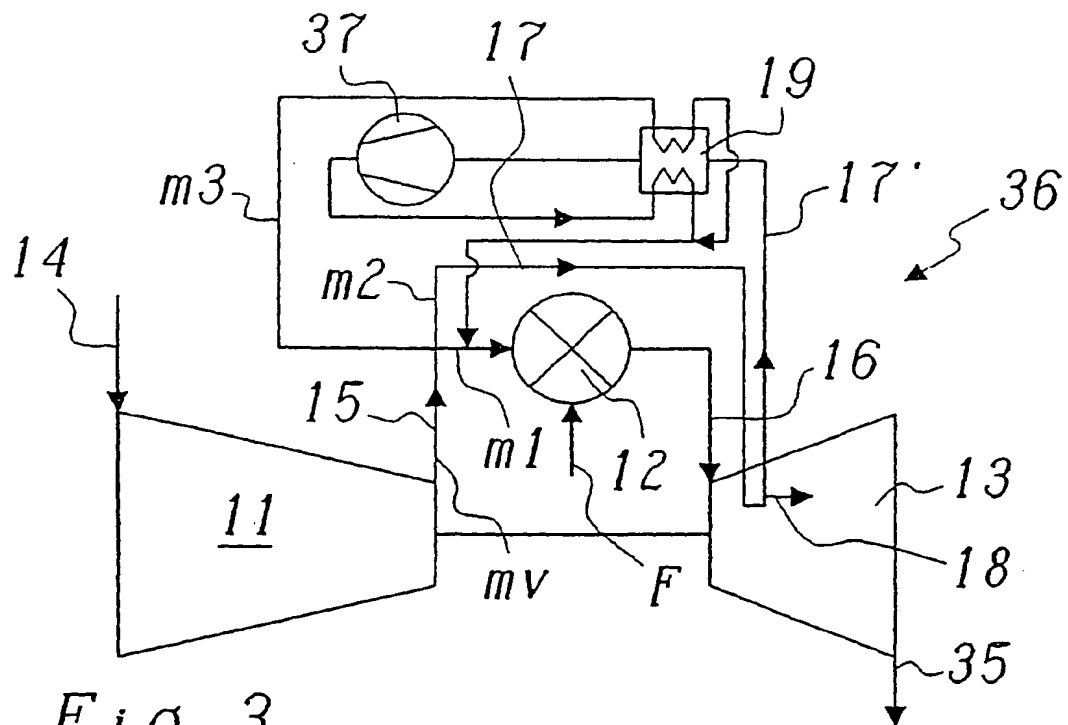


Fig. 2





*Fig. 3*

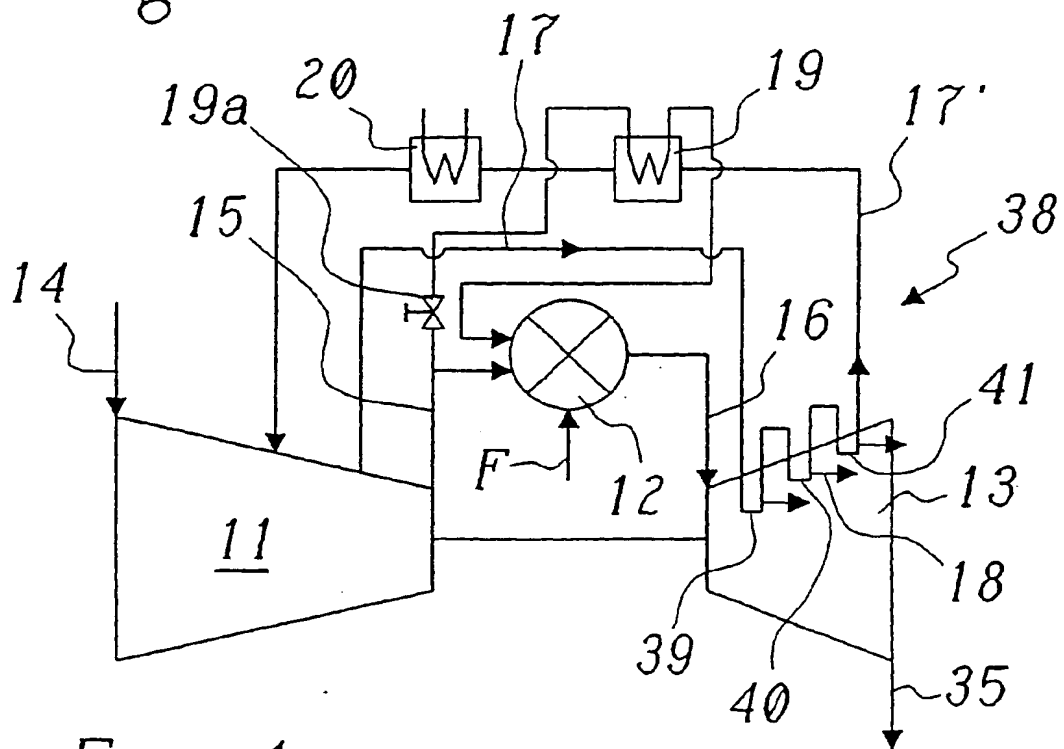


Fig. 4

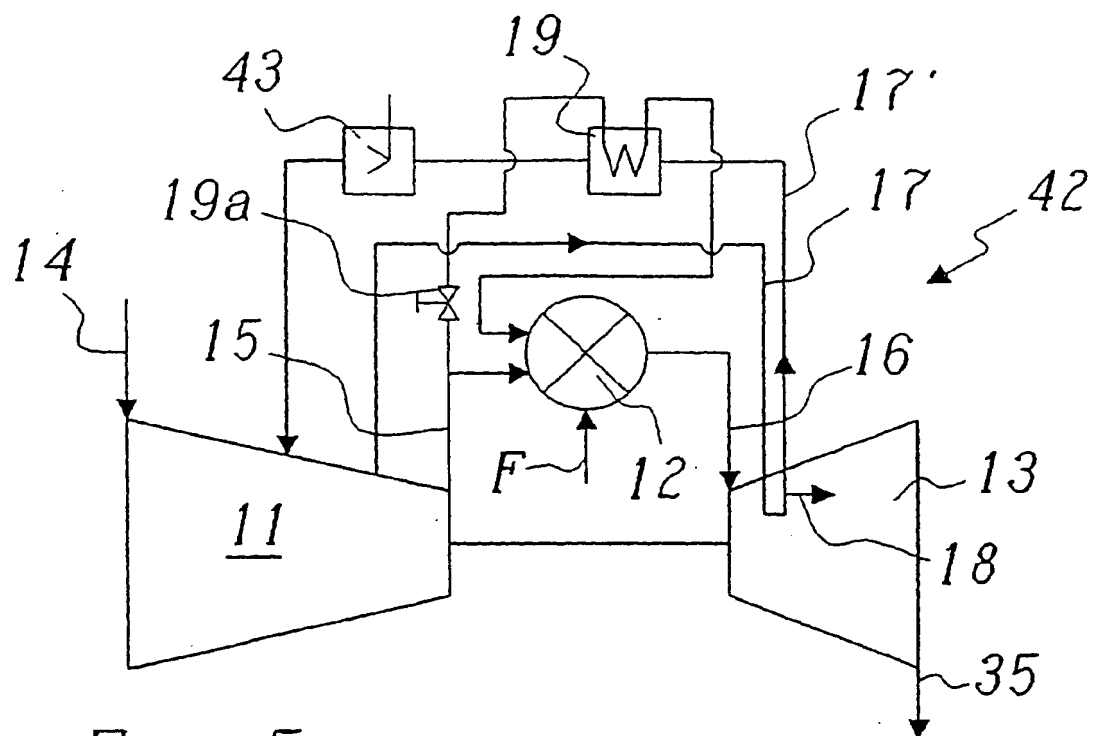


Fig. 5

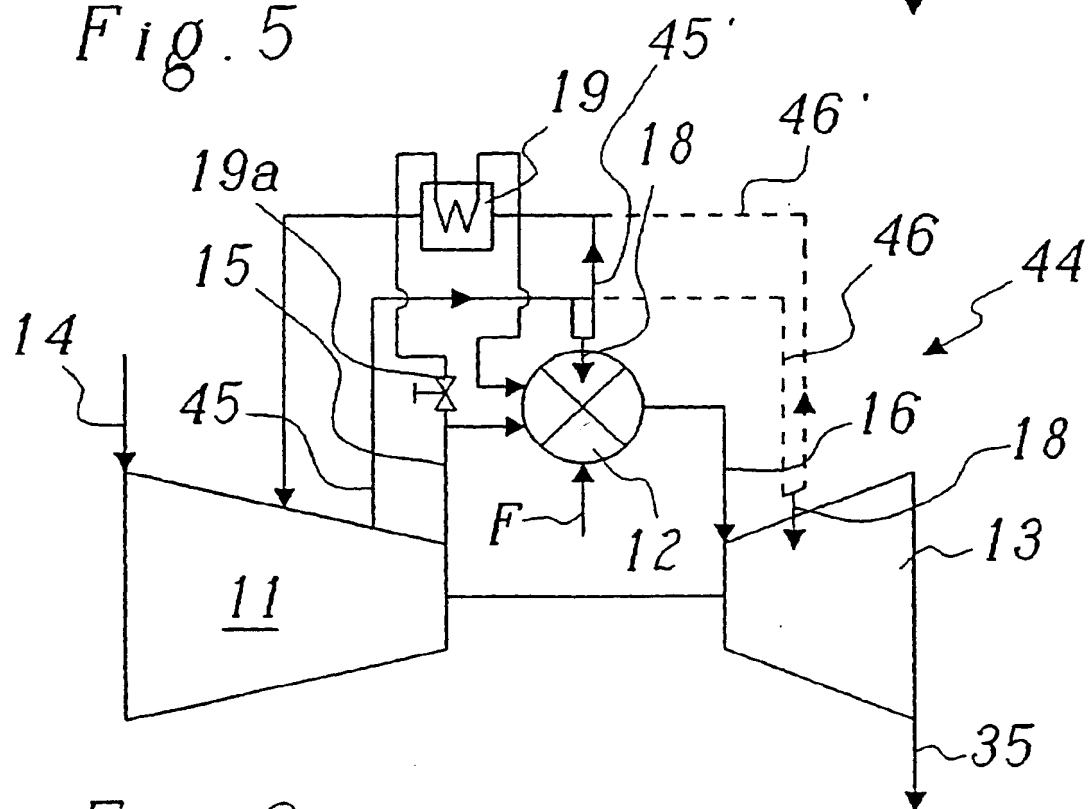


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**